附 3. **標本調査法 － 統計的信頼性について**[1]

部分を調べて全体を知る。標本調査という方法は、こんにち、世の現状を把握するため、明日への指針を手にするために、不可欠なツールとして、あらゆる方面に見出せる。

この標本調査を、図書館業務に採り入れられないかと工夫したのは、ドロットであったが [Drott 1969]、その考察を手がかりとして、蔵書の劣化状態についても、この手法による調査が、特に海外で広く行われている。国内においても「標本サイズ 400 で十分」（有限会社資料保存器材）と紹介され[2]、既にいくつかの蔵書やマイクロフィルムの状態調査に採用されているが [小島・矢野 2008] [田﨑 2009]、それにしても、母集団の大きさを問わず、ある一定サイズ（例えば 384）の標本さえあれば、全体の特性値を推定できるとは、誠に都合のよい便利な方法である。何より経費や労力が節減できる。

何故このようなことが可能なのだろうか。その原理を知らずとも、マニュアルに従えば一定の精度の数値が得られるはずである、と考えるのが一般であろう。しかし、その標本調査による推定値が、日々の実感とあまりにかけ離れたものとなる可能性も否定できないのである。参考書を繙けばすぐにわかることであるが、実は、その誤差の幅を想定の範囲内のものとするために、多くの先人達が方法論を整備してきたのであった。したがって、実際に標本の設計・分析をおこなうのであれば、細かな議論に精通する必要はなくとも、その基本原理だけでも、知っておいた方が望ましいと思われる。

調査の実際については、(有)資料保存器材のウェブサイトに懇切なガイドがあり、これを参照すれば充分であろう。ここでは、具体的な適用の方法よりはむしろ、標本調査法の基本的な考え方について、簡単なお浚いをすることに主眼を置く。

（1）標本設計 － 目標精度と標本の大きさ

標本によって、母集団を推定するのであるから、直観的に、抽出の割合（標本の大きさ÷母集団の大きさ）に比例して、推定の精度は上がるのではないかと考えてしまうかもしれない。ところが、標本調査の参考書を繙くと、その推定の幅は、抽出率にはほとんど関係しないとある。これはどういうことか。例えば、味噌汁の味を見るのも一種の標本調査であるが、味見をするのにスプーン一杯でもドンブリ一杯飲んでみても同じであって、肝心なのは、よくかき混ぜてあるかどうかに尽きる [鈴木 1992, p118]。「よくかき混ぜてある」とは、標本抽出の際、母集団の各要素が等しい確率で選ばれるようにするということ。そうすれば、味見の量に関わらず、ということは、標本の大きさに関係なく、鍋全体の塩梅、つまり、母集団の特性値(母数=パラメータ)は、ある一定の確率で推定することがで

---

[1] 本稿は、蔵書の標本調査に関する [矢野 2009] をもとに、本書の内容に沿って事例を適宜改めつつ、修正を施したものである。

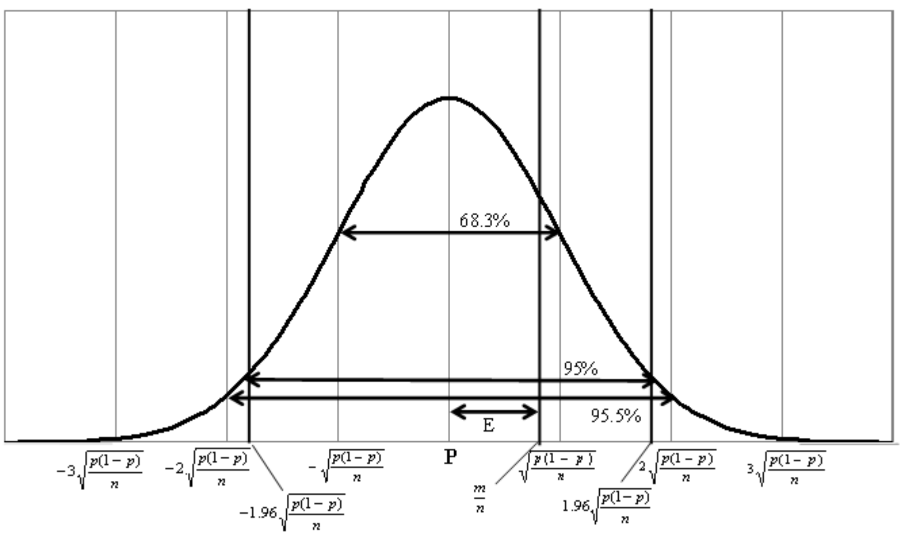
[2] <http://www.hozon.co.jp/report/kibe/kibe-no006-random_sampling.html> [参照 2009-03-02]

きる。これが、標本調査の基本となる考え方である。以下、マイクロフィルムの劣化状態を例に、標本サイズが決定される過程を記す。

ある所蔵マイクロフィルム群から何本かを抽出し、劣化フィルムの比率を推定するとする。標本における劣化の割合は、抽出の都度異なるであろうし、母集団における実際の値とも別物である。しかし、抽出方法（次節に詳説する）が適切であれば、母集団の値は、ある一定の確率（信頼度）で、標本の値からある一定の区間内（標本誤差）に収まるという、統計学上の基本法則がある。標本調査の目標精度を「信頼水準 95%、標本誤差の許容範囲±5%」とするという表現をよく見かけるが、これは、母集団の劣化比率が、標本から得られる値から±5%の範囲内に、95%の確率で、つまり 20 回標本抽出すればそのうち 19 回は入るように、標本を設計するということを意味する。そして、標本の大きさは、この目標精度によって決まる。

大きさ n の標本のうち、劣化フィルムが m 本あったとすると、標本における劣化の比率は $\frac{m}{n}$。母集団の劣化比率を p とおくと、$\frac{m}{n}$ の取りうる値は、標本サイズ n が十分に大きければ、平均 p、分散 $\frac{p(1-p)}{n}$ の正規分布 [松井 2005, p32] で近似される（中心極限定理）。分散とは、分布のばらつきの程度を表す値で、この分散の平方根 $\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$ が標準偏差となる。詳細は省くが、この値は、要するに、平均値から各値がどの程度隔たっているのかを示しているのである。

標本比率 $\frac{m}{n}$ が正規分布に従うということは、$\frac{m}{n}$ と平均値 p との隔たり（標本誤差 E）が、ある一定の範囲内に入る確率が、予め定まっているということを意味する。例えば、標本誤差が標準偏差の内に収まる確率は 68.3%、標準偏差の 2 倍の範囲であれば、95.5%となる。



この確率を信頼水準と呼ぶ。同様に考えて、標本比率 $\frac{m}{n}$ が、95%信頼区間に属する場合、標本誤差 $E=\left|\left(\frac{m}{n}\right)-p\right|$ は、標準偏差 $\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$ の 1.96 倍の範囲内にある。

$$-1.96\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \le E \le 1.96\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$$

許容する標本誤差を±5%とするのであれば、

$$-0.05 \le E \le 0.05$$

つまり、

$$1.96\sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} = 0.05$$

これを n について解くと

$$n=\left(\frac{1.96}{0.05}\right)^2 \times p(1-p)$$

p が不明の場合、 $p(1-p)$ のとりうる最大の値を代入することにより、この条件で必要とされる n の最大値を求めておく。

$$p(1-p)=-\left(p-\frac{1}{2}\right)^2+\frac{1}{4}\le\frac{1}{4}\quad (p=\frac{1}{2}\text{のとき})$$

よって、n の最大値は

$$n=\left(\frac{1.96}{0.05}\right)^2 \times \frac{1}{4} = 384.16$$

となる。こうして、目標精度を「信頼水準 95%、標本誤差の許容範囲 5%」とするときに最低限必要とされる標本の大きさは 384 であることがわかる。同様に、信頼水準が 90%なら、標準偏差の 1.645 倍、99%であれば 2.576 倍の範囲内に誤差は含まれる。それぞれの条件により、標本サイズを算出したのが、ドロットの掲げる表である [Drott 1969, p124]。

信頼水準	許容誤差	標本サイズ	信頼水準	許容誤差	標本サイズ
99%	± 0.5%	66358	90%	± 0.5%	27060
	± 1.0%	16590		± 1.0%	6765
	± 2.0%	4147		± 2.0%	1691
	± 3.0%	1843		± 3.0%	752
	± 5.0%	664		± 5.0%	271
	± 7.0%	339		± 7.0%	138
	±10.0%	166		±10.0%	68
95%	± 0.5%	38416	80%	± 0.5%	16435
	± 1.0%	9604		± 1.0%	4109
	± 2.0%	2401		± 2.0%	1027
	± 3.0%	1067		± 3.0%	457
	± 5.0%	**384**		± 5.0%	164
	± 7.0%	196		± 7.0%	84
	±10.0%	96		±10.0%	41

仮に、p が事前に判明していれば、その値で補正することができる。

$$n=\left(\frac{1.96}{0.05}\right)^2\times p(1-p)$$

$$=\left(\frac{1.96}{0.05}\right)^2\times\left(\frac{1}{4}\times 4\right)\times p(1-p)$$

$$=\left\{\left(\frac{1.96}{0.05}\right)^2\times\frac{1}{4}\right\}\times\{4\times p(1-p)\}$$

$$=384.16\times\{4\times p(1-p)\}$$

この、$4\times p(1-p)$は、ドロットも補正率を導く式として提示している。例えば、劣化比率が、それまでの経験から、25%以下であることが確実である場合、$p=0.25$を代入して

$$p=384.16\times\{4\times 0.25\times(1-0.25)\}=288.12$$

これだけあれば、標本の大きさとして充分であるということになる。

（2）標本抽出

ドロットの論文では、前節に記した、信頼水準と許容誤差の説明を簡便にしたあと、標本抽出の事例を三つ掲げている。このうち、図書の抽出に関わる「例 3」[Drott 1969, p124-125] を参考に、マイクロフィルムの状態調査に適用する方法を、試案として提示する。なお、以下の例は、本編で報告された本館の調査において実際に行われた手順ではなく、あくまでモデルとして示すものである。

ビネガーシンドロームへの対策がひと段落し、保存事業の次の段階として、水分を介した劣化への対策に着手するに際し、「フェロ化」フィルムがどの程度存在するか、大雑把に見積もりたいとする。調査の目標精度を信頼水準 95%、許容誤差±5%に設定すると、最低限必要な標本サイズは 384。この 384 本を乱数表を用いて無作為抽出する。

マイクロフィルムのコレクションはおよそ 30000 本からなり、110 連の書架に排架されている。各連は 12 段からなり、各段に最大 35 本のロールが並ぶ。まず連を選ぶために、最初の乱数は百の位、つまり、0,1 に変換する。

0 〜 4 → 0
5 〜 9 → 1

2 番目 3 番目の乱数は、連番号の 10 の位、1 の位にそのまま対応させる。

連の中から段を選ぶには、00〜99 を 12 に分割する規則が必要である。これには 4 番目 5 番目の乱数を充てる。

00 〜 07 → 1　　56 〜 63 → 8
08 〜 15 → 2　　64 〜 71 → 9
16 〜 23 → 3　　72 〜 79 → 10
24 〜 31 → 4　　80 〜 87 → 11
32 〜 39 → 5　　88 〜 95 → 12
40 〜 47 → 6　　96 〜 99 → 採らない
48 〜 55 → 7

選ばれた段からロールを抽出するために、00 から 35 の数値が要る。同様にして、6 番目の乱数は十の位 0, 1, 2, 3 に、

0 〜 1 → 0　　6 〜 7 → 3
2 〜 3 → 1　　8 〜 9 → 採らない
4 〜 5 → 2

7 番目の乱数は一の位に変換する。これら規則を併せれば標本を抽出できる。例えば、

乱数	連	段	フィルム
17340 44906	073	6	24
37589 96988	075	12	採らない
70322 75172	103	3	35
63492 26401	134 → 採らない	――	――

以下同様にして、384 本を抽出する。

ここに紹介されているのは、標本抽出において最も基本的な、単純無作為抽出と呼ばれる方法である。ドロットも注意を喚起しているが、無作為抽出の要諦とは、母集団内の各要素に対して、抽出される確率を平等にすることに尽きる。上の手順を見れば、個々のロールの抽出される確率が、すべて等しくなるような手順とはどういうものであるか、明白であろう。ただし、1 段中のロール数は、その型式（16mm, 35mm, カートリッジ etc.）によって変わるため、実情に合わせて設定を変更する必要がある。また、標本サイズ約 400 をこうした手作業で抽出するには、かなりの負担が予想されるかもしれない。この点については、論文発表当時（1969 年）の条件に合わせる必要は特にないのであって、現今ならば、表計算ソフト等を使って（例えば Microsoft Excel の分析ツール）、より簡易に抽出する方法が考えられる [上田ほか 2007]。ドロットも 1993 年に刊行した著書では、コンピュータのプログラムによるサンプリング法を紹介している [Drott 1993]。

一般の標本調査では、単純無作為抽出に準ずる方法として、任意系統抽出法が採用されることが多い。これは、あるスタート地点を無作為に決めたあと、一定の等しい間隔で抽出していくという、やはり、ごく簡便な方法である。

例えば、29225 本のマイクロフィルムから、劣化度判定のために 384 本の標本を抽出したいとする。母集団の各ロールには 1 から 29225 までの番号がふってあ

る。29225 本を 384 個に均等に分割したサイズ $\frac{29225}{384} \approx 76.1$ が間隔となる。まず 76.1 以下の整数の中から乱数表などを使って無作為にある 1 本を選び、その番号をスタート番号 S とする。そうすると、全体の中の S 番目のロールが最初の対象となる。2 本目は(S+76.1)番目のロール、3 本目は(S+76.1×2)番目、i 本目は(S+76.1×(i-1))番目として抽出していく。小数点以下は切り上げる。例えば、14626.2 番目とは、14627 番目のことであるとする。このやり方をとれば、29225 本すべてがカバーされる [盛山 2004, p128-129]。

ドロットも指摘していることであるが、この方法は厳密には無作為とは言い難く、適用には慎重を要する [津村 1979, p72-73]。また、前もって母集団の全要素に番号を振っておく必要があり、場合によっては、単純無作為抽出と同様の手間になることも考えられる。この点については、どのレベルでの抽出なのかを明確にしておきさえすれば、簡易化は容易である。例えば、1 本 1 本にナンバリングするのは不可能なので､段あるいは舟といったひとまとまりごとに番号をふって、それらを選ぶ確率を平等にするという具合である。ただし、この場合、厳密に考えるなら、その選ばれたまとまりから、ロールを平等に選ぶ段階を、別に設ける必要がある。マイクロフィルムの場合、規格が限定されているため、この点は比較的容易であろう。

結局、どの方法をとるか、どの程度の厳密さとするかは、実情によって変わることであろう。図書館業務において、調査はあくまで補助手段に過ぎないのであり、労力や経費と相談して、より簡便な方法を考えるべきである。ただし、闇雲に手を抜けばよいというものではない。あくまで、理論的な基礎を踏まえ、調査の過程を示すことが求められる。

全 29225 本から、無作為に抽出されたサイズ $n = 384$ の標本で状態調査をおこなったところ、劣化と判定されたロールが 17.6%あったとする。この値から母集団の値を 95%信頼水準で区間推定する場合、大標本ゆえ分布は正規分布に従うが、母標準偏差は不明なので､標本標準偏差 s を代わりにもちいる。よって、誤差は、$\frac{s}{\sqrt{n}}$ の 1.96 倍の範囲内にあるということになる。

$$1.96 \times \frac{s}{\sqrt{n}} = 1.96 \times \frac{\sqrt{0.176(1-0.176)}}{\sqrt{384}} \approx 0.038$$

これにより、劣化ロールの割合は
0.176 - 0.038 ～ 0.176 + 0.038
→　0.138 ～ 0.214
母集団における劣化マイクロフィルムの割合は、95%の確率で、13.8～21.4%の間にある、つまり、4033～6254 本の間にあると推定される。

（矢野正隆）

<引用文献>

- Drott, M. Carl. Random sampling : a tool for library research. *College & research libraries*, 30(2), p. 119-125. 1969.3.
- Drott, Carl M. *Dr. Drott's random sampler : using the computer as a tool for library management*. Englewood, Colorado: Libraries Unlimited, Inc., 1993.
- 上田太一郎監修『Excel でかんたん統計分析－「分析ツール」を使いこなそう!』オーム社, 2007.8
- 小島浩之・矢野正隆「日本の図書館等における蔵書の状態調査－その歴史と方法論」『現代の図書館』46(2), p. 79-89. 2008.7
- 鈴木義一郎『1 を調べて 10 を知る科学－標本調査入門』講談社(ブルーバックス B-902), 1992.1
- 盛山和夫『社会調査法入門』有斐閣, 2004.9
- 田﨑淳子「マイクロ資料の調査と計画－東京大学東洋文化研究所の事例」『資料保存の調査と計画』p. 106-121. 日本図書館協会, 2009.3
- 津村善郎・築林昭明『標本調査法』岩波書店, 1986.2
- 松井博『標本調査法入門 －基礎から学ぶ、標本調査の理論と実際』日本統計協会, 2005.9
- 矢野正隆「蔵書状態調査のための標本抽出法」『資料保存の調査と計画』p. 123-129. 日本図書館協会, 2009.3